

(51) Int.Cl.	識別記号	FI	特コード (参考)
H 01 J 9/02		H 01 J 9/02	B 5 C 01 2
9/44		9/44	A 5 C 1 2 7

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2002-502806 (P2002-502806)  
 (86) (22) 出願日 平成13年5月9日 (2001.5.9)  
 (85) 翻訳文提出日 平成14年2月5日 (2002.2.5)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US 01/15006  
 (87) 国際公開番号 WO 01/095360  
 (87) 国際公開日 平成13年12月13日 (2001.12.13)  
 (31) 優先権主張番号 09/589, 018  
 (32) 優先日 平成12年6月7日 (2000.6.7)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

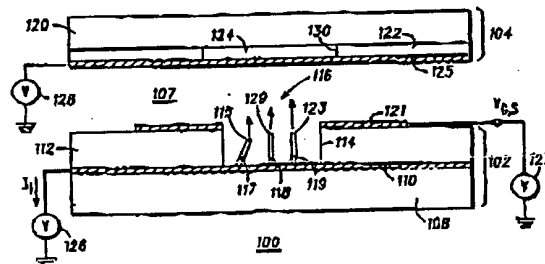
(71) 出願人 モトローラ・インコーポレイテッド  
 MOTOROLA INCORPORATED  
 アメリカ合衆国イリノイ州シャンバーグ、  
 イースト・アルゴンキン・ロード1303  
 (72) 発明者 ディーン、ケネス・エイ  
 アメリカ合衆国アリゾナ州86045、フェニ  
 ックス、サウス・フィフス・ドライブ  
 15833  
 (74) 代理人 弁理士 社本 一夫 (外5名)

最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 電界放出装置のための均一放出電流

## (57) 【要約】

電界放出装置 (100) の放出電流の均一性を向上させる方法は、少なくとも部分的に電子エミッタ (116) を形成する第1のカーボン・ナノチューブ (119) 及び第2のカーボン・ナノチューブ (118) を設けるステップを含む。第1のカーボン・ナノチューブ (119) は第1の放出電流能力により特徴付けられ、第2のカーボン・ナノチューブ (119) は第1の放出電流能力より小さい第2の放出電流能力により特徴付けられる。本方法は更に、第1のカーボン・ナノチューブ (119) の長さを第1の変化率で低減させるステップと、そのステップと同時に第2のカーボン・ナノチューブ (118) の長さを第2の変化率で低減させるステップとを含み、その第2の変化率は第1の変化率より小さく、またゼロに等しくすることができ、それにより第2の放出電流能力と第1の放出電流能力との差を低減し、こうして放出電流の均一性を向上させる。長さの選択的低減は、電子エミッタ (116) によりバーンイン電流を放出させるステップを実行することにより達成されるのが好ましい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のカーボン・ナノチューブ(119)及び第2のカーボン・ナノチューブ(118)を設けるステップであって、前記第1のカーボン・ナノチューブ(119)は第1の放出電流能力により特徴付けられ、前記第2のカーボン・ナノチューブ(118)は第2の放出電流能力により特徴付けられ、第1の放出電流能力が第2の放出電流能力より大きい、前記設けるステップと、前記第1のカーボン・ナノチューブ(119)の長さを第1の変化率で低減させるステップと、

前記第1のカーボン・ナノチューブ(119)の長さを第1の変化率で低減させる前記ステップと同時に第2のカーボン・ナノチューブ(118)の長さを第2の変化率で低減させるステップであって、第1の変化率が第2の変化率より大きいことにより第2の放出電流能力と第1の放出電流能力との差を低減する、前記第2の変化率で低減させるステップと

を備える電界放出装置(100)の放出電流の均一性を向上させる方法。

【請求項2】 前記第1のカーボン・ナノチューブ(119)は端部(123)を有し、

前記第1及び第2のカーボン・ナノチューブ(119, 118)が電子エミッタ(116)を形成し、

第1のカーボン・ナノチューブ(119)の長さを第1の変化率で低減させる前記ステップ及び第2のカーボン・ナノチューブ(118)の長さを第2の変化率で低減させる前記ステップは、前記電子エミッタ(116)によりバーンイン電流を放出させるステップを備え、

前記バーンイン電流は、少なくとも第1のカーボン・ナノチューブ(119)の端部(123)からのカーボンの除去を生じさせるに十分である

請求項1記載の電界放出装置(100)の放出電流の均一性を向上させる方法。

【請求項3】 カーボンの除去を促進するよう選択された化学種を与えるステップを更に備える請求項2記載の電界放出装置(100)の放出電流の均一性を向上させる方法。

【請求項4】 前記第1のカーボン・ナノチューブ(119)が端部(12

3) を有し、

前記第2のカーボン・ナノチューブ(118)が端部(129)を有し、

第1のカーボン・ナノチューブ(119)の長さを第1の変化率で低減させる  
前記ステップ及び第2のカーボン・ナノチューブ(118)の長さを第2の変化  
率で低減させる前記ステップは、

前記第1のカーボン・ナノチューブ(119)の端部(123)に正の電位及び第1の電界強度を与えるステップであって、当該第1の電界強度は前記第1のカーボン・ナノチューブ(119)の端部(123)からのカーボンの除去を生じさせるに十分である、前記正の電位及び第1の電界強度を与えるステップと、

前記第2のカーボン・ナノチューブ(118)の端部(129)に正の電位及び第2の電界強度を与えるステップと、を備え、

第1の電界強度が第2の電界強度より大きい

請求項1記載の電界放出装置(100)の放出電流の均一性を向上させる方法。

【請求項5】 電子エミッタ(116)を形成する複数のカーボン・ナノチューブ(117, 118, 119)を設けるステップと、

前記電子エミッタ(116)によりバーンイン電流を放出させるステップと、  
を備え、

前記バーンイン電流は、前記電子エミッタ(116)による放出電流の均一性を増大させるに十分である、

電界放出装置(100)の放出電流の均一性を向上させる方法。

【請求項6】 前記複数のカーボン・ナノチューブ(117, 118, 119)の各々は、端部(115, 129, 123)を有し、

前記複数のカーボン・ナノチューブ(117, 118, 119)の各々は、放出電流能力により特徴付けられ、

前記電子エミッタ(116)は、最大放出電流能力により特徴付けられ、

前記バーンイン電流は、最大放出電流能力により特徴付けられる複数のカーボン・ナノチューブ(119)のうちの少なくとも複数のものの端部(123)からのカーボンの除去を生じさせるに十分である

請求項5記載の電界放出装置(100)の放出電流の均一性を向上させる方法。

【請求項7】 前記電子エミッタ（116）によりバーンイン電流を放出させる前記ステップは、最大放出電流能力により特徴付けられる前記複数のカーボン・ナノチューブ（119）の各々により約1マイクロアンペアより大きく放出させるステップを備える請求項6記載の電界放出装置（100）の放出電流の均一性を向上させる方法。

---

【請求項8】 カーボンの除去を促進するよう選択された化学種を与えるステップを更に備える請求項6記載の電界放出装置（100）の放出電流の均一性を向上させる方法。

【請求項9】 カーボンの除去を促進するよう選択された化学種を与える前記ステップは、イオン化された不活性ガスを与えるステップを備える請求項8記載の電界放出装置（100）の放出電流の均一性を向上させる方法。

【請求項10】 複数のカーボン・ナノチューブ（117, 118, 119）によりバーンイン電流を放出させる前記のステップは、電界放出装置（100）の気密封止の後に続いて実行される請求項5記載の電界放出装置（100）の放出電流の均一性を向上させる方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

## [発明の分野]

本発明は、電界放出装置の分野に関し、詳細には電界放出ディスプレイの放出電流の均一性を向上させる方法に関する。

【0002】

## [発明の背景]

表面電子エミッタを有する電界放出装置は当該技術において既知である。更に、表面エミッタがチップ・エミッタより高い電流密度を生成することができるので、表面電子エミッタはスピント型チップ・エミッタ (Spindt tip emitters) より有利であることが当該技術において認められている。表面エミッタはまた、より大きなデバイス寸法の使用を可能にし、それにより誤り許容範囲を緩和する。

【0003】

しかしながら、従来技術の表面エミッタは、放出表面にわたり不均一である放出電流に共通に悩まされている。不均一性に対処する1つの従来技術スキームは、発明の名称が「均一電界放出のための材料の処理」である米国特許No. 5, 857, 882においてバンその他により教示されている。バンその他は、電子放出薄膜の使用を教示し、該電界放出薄膜は、多結晶性ダイヤモンド、ダイヤモンドライク (diamond-like) ・カーボン (炭素)、黒鉛、又はアモルファス・カーボンから作られる。バンその他は更に、薄膜の表面を条件付けすることにより薄膜の放出均一性を向上させることを教示する。バンその他は、金属電極を薄膜の表面の上を走査することにより上記条件付けが達成されることを教示する。このスキームは、薄膜の単位面積当たりの放出サイト (放出場所) の数を増大すると思われている。しかしながら、個々の放出サイトの各々がサイト電流を放出することができる。放出電流全体の不均一性は、サイト電流間の不均一性から起きる場合がある。バンその他は、サイト電流間の均一性を向上させるための容易に制御可能な方法を教示するものではない。更に、バンその他により教示されたスキームは時間がかかり、そしてアーキングに起因して損傷を電界

放出装置に与えることがある。

#### 【0004】

従って、表面エミッタを有する電界放出装置の放出電流の均一性を向上させる方法に対する必要性が存在する。

説明を簡単且つ明瞭にするため、図面に示される構成要素は、必ずしも縮尺どおりに描かれていないことが認められるであろう。例えば、一部の構成要素の寸法は、相互に対して誇張されている。更に、適切と思われる場合、参照番号は、対応する構成要素を示すため図面間で繰り返し用いられている。

#### 【0005】

##### 【好適な実施形態の説明】

本発明は、電界放出装置の放出電流の均一性を向上させる方法のためである。本発明の方法は、表面電界エミッタ (surface field emitter) を形成するのが好ましいカーボン・ナノチューブを設けるステップと、個々のカーボン・ナノチューブの間の放出電流のより高い均一性をもたらす要領で、カーボン・ナノチューブの長さを制御可能状態で且つ選択的に低減するステップとを含む。

#### 【0006】

カーボン・ナノチューブは、初期には低放出ナノチューブと高放出ナノチューブとを含む。即ち、高放出ナノチューブは、デバイス電圧の所与の形態に対して低放出ナノチューブより高い放出電流を放出する能力により特徴付けられる。放出電流能力におけるこの不均一性は、表面電界エミッタ上からの放出電流の不均一性をもたらし、そして個々の表面電界エミッタの間の放出電流の不均一性をもたらすことがある。本発明の方法は、高放出ナノチューブの長さをある変化率 (複数) (rates) で低減するステップを含み、そのある変化率 (複数) は、低放出ナノチューブの長さが低減される変化率 (複数) より大きい。

#### 【0007】

一般的に、このことは、各カーボン・ナノチューブの放出端部に存在する電界強度のより高い均一性をもたらし、従って各カーボン・ナノチューブからの個々の放出電流のより高い均一性をもたらす。本発明の方法は、ナノチューブの長さ

が低減される変化率がその放出端部での電界強度に依存し、従ってナノチューブの放出電流能力に依存するので、主として自己制御的である。

#### 【0008】

図1は、本発明に従って、電界放出装置の放出電流の均一性を向上させる方法の、バーンイン電流 (burn-in current) を利用する好適な実施形態のタイミング図である。図1のタイミング図は、図2、図3及び図4を参照して説明される。特に、図2は時間  $t_1$  と  $t_2$  との間のタイミング図と対応し、図3は時間  $t_3$  と  $t_4$  との間のタイミング図と対応し、図4は時間  $t_5$  と  $t_6$  との間のタイミング図と対応する。

#### 【0009】

図2は、カーボン・ナノチューブから作られた電子エミッタ116を有する電界放出ディスプレイ (FED) 100の断面図である。図2はディスプレイ装置を図示しているが、本発明の範囲はディスプレイ装置に限定されるものではない。むしろ、本発明の方法は、全ての種類の電界放出装置における放出の均一性を向上させるに有効であることができる。更に、本発明の方法のステップを実行することができる電界放出装置の電極形態は、図2に図示されるような三極管構造に限定されるものではない。例えば、本発明の方法は、本明細書で説明される形態以外の二極管構造又は三極管構造を有する電界放出装置の放出の均一性を向上させるに有効である。

#### 【0010】

FED 100は、陰極板102及び陽極板104を含む。陰極板102は、その陰極板102と陽極板104との間に間隙領域107を形成するよう陽極板104から離開している。陰極板102は基板108を含み、該基板108はガラス、シリコン、セラミック等から作ることができる。陰極110が基板108上に配設されている。陰極110は第1の電源126に接続されている。誘電体層112は、陰極110上に配設され、エミッタ・ウェル (well) 114を形成する。

#### 【0011】

電子エミッタ116がエミッタ・ウェル114内に配設されている。本発明の

方法は、複数のカーボン・ナノチューブを設けるステップを含み、それら複数のカーボン・ナノチューブは電子エミッタ116を形成する。図2の実施形態において、電子エミッタ116は、エミッタ・ウェル114の平坦な底部表面上に配設されている。しかしながら、本発明の範囲は平坦な構造での使用に限定されるものではない。例えば、カーボン・ナノチューブは、平坦でない表面に配設することができる。

#### 【0012】

理解を容易にするため、図2は、3個のカーボン・ナノチューブのみを図示しており、それらカーボン・ナノチューブの幅は非常に誇張されている。しかしながら、電子エミッタ116を形成するため任意の数のカーボン・ナノチューブを用いることができる。カーボン・ナノチューブの表面密度は高い方が好ましい。例えば、表面密度は平方cm当たり約108個のカーボン・ナノチューブの表面密度に等しくすることができる。

#### 【0013】

一般的に、各カーボン・ナノチューブは、エミッタ・ウェル内に放出端部を形成するような向きに配設される。従って、図2に図示されているように、第1のカーボン・ナノチューブ119、第2のカーボン・ナノチューブ118及び第3のカーボン・ナノチューブ117は端部123、129及び115をそれぞれ形成し、それら端部123、129及び115はエミッタ・ウェル114内に配設されている。カーボン・ナノチューブ119、118及び117は陰極110に接続されている。

#### 【0014】

カーボン・ナノチューブを作る方法は当業者に既知である。カーボン・ナノチューブは、幾つかの従来付着 (deposition) 方法のうちの1つを用いることにより付着させることができる。例えば、カーボン・ナノチューブは、バインダと混合して、その後スクリーン印刷することができる。代替として、カーボン・ナノチューブは、エミッタ・ウェル114の中に電気泳動的に付着させることができる。陰極板102は更にゲート引き出し電極 (gate extraction electrode) 121を含み、該ゲート引き出し電極121

は、誘電体層112上に配設され、そして第2の電源127に接続される。

【0015】

陽極板104は、ガラスのような固体の透明材料から作られた透明基板120を含む。ブラック・マトリックス (black matrix) 122が、透明基板120上に配設され、そして酸化クロム (chrome oxide) から作られるのが好ましい。蛍光体124が、ブラック・マトリックス122により規定された開口部130内に配設されている。蛍光体124は、陰極ルミネセント (cathode luminescent) であり、そして、電子エミッタ116により放出される電子により活性化すると光を放出する。

【0016】

陽極125はアルミニウムから作られるのが好ましいが、その陽極125は蛍光体124及びブラック・マトリックス122に重なっているブランケット層 (blanket layer) を形成する。陽極125は、第3の電源128に接続される。マトリックス状にアドレス指定可能な (matrix-addressable) FED用の陰極板及び陽極板を製作する方法は、当業者に既知である。

【0017】

FED100は、電子エミッタ116に電子を放出させるよう選択された電位を陰極110及びゲート引き出し電極121に印加することにより動作する。例えば、典型的な走査モード電圧は、陰極110での接地電位及びゲート引き出し電極121での約100ボルトなどである。走査モードは、そのモード中に蛍光体124が活性化されるFED100の動作モードである。陽極125の電圧は、電界放出された電子を引きつけ且つディスプレイ画像の所望の輝度レベルを与えるよう選択される。

【0018】

図2における矢印は、カーボン・ナノチューブ119、118及び117の初期放出電流能力を表す。一般的に、ナノチューブの放出電流能力は放出電流で定義される。なお、その放出電流は、電子エミッタが放出を生じさせる電圧形態 (emission-causing voltage configuration)

o.n)を受けた場合そのナノチューブにより放出されることができであろう電流である。放出電流能力を定義する目的のため、上記放出を生じさせる電圧形態は、ナノチューブからのカーボンの除去を生じさせない。

#### 【0019】

一般的に、本発明の方法は、少なくとも最高の放出ナノチューブの放出電流能力を選択的に低減する。本発明の方法は、第1のカーボン・ナノチューブ及び第2のカーボン・ナノチューブを設けるステップを含み、そこにおいて第1のカーボン・ナノチューブは、第1の放出電流能力により特徴付けられ、第2のカーボン・ナノチューブは、第1のカーボン・ナノチューブの第1の放出電流能力より小さい第2の放出電流能力により特徴付けられる。本発明の方法は更に、第1のカーボン・ナノチューブの長さを第1の変化率で低減させ、且つ同時に第2のカーボン・ナノチューブの長さを、第1のカーボン・ナノチューブの長さが低減される変化率より小さい第2の変化率で低減させる同時発生のステップを含む。一般的に、ナノチューブの長さの低減は、そのナノチューブの放出電流能力の低減をもたらす。従って、上記同時発生のステップを用いて、第2の放出電流能力と第1の放出電流能力との差を低減させることができ、そしてそれにより放出の均一性を向上させることができる。

#### 【0020】

第2のカーボン・ナノチューブの長さが低減する第2の変化率をゼロに等しくすることができ、それにより第1のカーボン・ナノチューブの放出電流能力のみを低減し、そして第2のカーボン・ナノチューブ放出電流能力を一定のままにすることを理解することが望ましい。こうして、それぞれの放出電流能力間の差を低減することができる。

#### 【0021】

第2のカーボン・ナノチューブの放出電流能力が低減される変化率より大きい変化率で第1のカーボン・ナノチューブの放出電流能力を低減させることにより均一性の類似の向上を達成することができる。これは、第2のカーボン・ナノチューブの長さを低減する変化率より大きい変化率で第1のカーボン・ナノチューブの長さを低減させることにより達成させることができる。

## 【0022】

均一性を向上させるこれらのアプローチの両方が、図2から図4までの経過に示されている。第1及び第2のカーボン・ナノチューブ119及び118の放出電流能力が低減され、一方第3のカーボン・ナノチューブ117の放出電流能力は一定のままである。その低減は、好ましくは全体の電流を最大化しながらそれらの放出電流能力間の差を低減するに十分である程度に実行される。同時に、第1のカーボン・ナノチューブ119の長さは、第2のカーボン・ナノチューブ118の長さが低減される変化率より大きい変化率で低減される。図1から図4の特定の実施形態においては、この選択的長さ低減は、第1のカーボン・ナノチューブ119及び第2のカーボン・ナノチューブ118の放出電流能力間の差の低減をもたらす。

## 【0023】

本発明の範囲は、本明細書に説明されるように、長さの選択的低減を達成するのに適したいずれのスキームも含む。図1の実施形態は、長さの選択的低減を実現するためバーンイン電流 $I_b$ を用いている。一般的に、電子エミッタは、最大放出電流能力により特徴付けられる。最大放出電流能力は、カーボン・ナノチューブの特定の電子エミッタを定義する、複数のカーボン・ナノチューブの間での放出電流能力の最大値である。バーンイン電流は、最大放出電流能力により特徴付けられる少なくともカーボン・ナノチューブの端部からのカーボンの除去を生じさせるに十分なものである。

## 【0024】

図1は、電子エミッタ116により放出される合計放出電流 $I$ のグラフ150、反応性化学種 $X^+$ の、部局的圧力 $P_{x^+}$ のグラフ160、電子エミッタ116が置かれている環境の、温度 $T$ のグラフ170、及びゲート引き出し電極121でのゲート電圧 $V_g$ のグラフ180を含む。

## 【0025】

時間 $t_1$ と $t_2$ との間で、グラフ150は、電圧の走査モード形態に対して電子エミッタ116の初期合計放出電流 $I_i$ を示す。即ち、陰極110の電位はその走査モード値に等しく、該走査モード値は接地電位であることができ、そして

ゲート引き出し電極121の電位はその走査モード値 $V_{o,s}$ に等しく、散走査モード値 $V_{o,s}$ は約100ボルトであることができる。タイミング図のこの部分は、カーボン・ナノチューブ119、118及び117の初期累積放出電流能力を示すため、及び本発明の方法に起因して生じる合計放出電流の低減を示すため含まれている。本発明の方法は、ナノチューブの長さを選択的に低減するステップの前に電子エミッタ116に放出させる別個のステップを必要としないことを理解するのが望ましい。図2は、時間 $t_1$ と $t_2$ との間である、図1のタイミング図の部分と対応する。

#### 【0026】

時間 $t_3$ と $t_4$ との間で、グラフ150は、本発明の方法の好適な実施形態を示す。図1の実施形態において、第1のカーボン・ナノチューブの長さを第1の変化率で低減させるステップ及び第2のカーボン・ナノチューブの長さを第2の変化率で低減させるステップは、電子エミッタ116によりバーンイン電流を放出させるステップを備える。このステップは更に図3により表される。

#### 【0027】

本発明に従って、バーンイン電流 $I_b$ は、少なくとも第1のカーボン・ナノチューブ119の端部123からのカーボンの除去を生じさせるに十分である。図1及び図3の実施形態において、バーンイン電流は、第1のカーボン・ナノチューブ119及び第2のカーボン・ナノチューブ118からのカーボンの除去を起こさせるが、しかし第3のカーボン・ナノチューブからはカーボンの除去を起こさせない。カーボンの除去は、選択的に燃焼(burn)されるべきである各ナノチューブにより約1マイクロアンペアより大きいマイクロアンペアで放出させることにより達成されることが好ましい。

#### 【0028】

バーンイン電流は、カーボン・エボリューション(carbon evolution)及び電流の均一性の増大を実現するまで合計放出電流を徐々に増大することにより達成される。バーンイン・ステップ中の過大な増大率又は合計放出電流の過大な最終値は、さもないれば累積放出電流能力におけるアーキング又は過大な低減をもたらすであろうし、従って回避されねばならない。

## 【0029】

合計放出電流の増大は、ゲート電圧を初期値 $V_{c,0}$ 。(なお、この初期値 $V_{c,0}$ は接地電位に等しい状態にすることができる。)からバーンイン値 $V_{c,1}$ まで増大させることにより実現される。バーンイン電流はアーキングを防ぐよう制御され、それはさもなければFED100に回復不能な損傷を与えることができる。カーボン・エボルーションは短い時間の間に生じることが許され、そして放出均一性がその後測定される。

## 【0030】

バーンイン・ステップが陽極板104の無い状態で陰極板102に実行されるならば、電子エミッタ116に蛍光体を活性化させ、次いでその蛍光体により放出される光の輝度の均一性を測定することにより、放出均一性を測定することができる。代替として、FED100が気密封止された後にバーンイン・ステップを実行することができる。その場合、蛍光体124が光を放出するようにさせることにより放出均一性を測定することができる。輝度の均一性を測定する方法は当業者に既知である。

## 【0031】

ナノチューブからのカーボンの除去は、少なくとも一部分、カーボンの電場脱着に起因していると考えられる。電場脱着は、ナノチューブの温度の増大により増強される。ナノチューブの温度の増大は、高い値のバーンイン電流により起こされる。本発明の方法に従って、カーボン除去は更に、室温より高い温度により特徴付けられる環境に電子エミッタ116を置くステップを用いることにより増強されることができる。図1の好適な実施形態は、温度をバーンイン期間(時間 $t_3$ から $t_4$ まで)の間で初期値 $T_0$ 。(なお、その初期値 $T_0$ は室温に等しくすることができる。)から上昇したバーンイン温度 $T_1$ まで増大させるステップを含む。

## 【0032】

温度を増大させることにより、陰極110と直列接続され得る安定抵抗器に起因した抵抗のような直列抵抗を低下させる追加の利点をもたらすことができる。直列抵抗の低減は、とりわけ、バーンイン電流を実現するための電力要件を改善

する。

### 【0033】

本発明の方法に従って、カーボンの除去を促進するよう選択された化学種を与えるステップを実行することにより、カーボンの除去を更に促進することができる。例えば、アルゴンのようなイオン化した不活性ガスが与えられることができる。イオン化した不活性ガスは、スパッタリングによりカーボンを除去する重いガスとして機能する。別の実施形態においては、カーボンの除去を促進するよう選択された化学種を与えるステップは、カーボンの除去を促進するよう選択された反応性化学種を与えるステップを含む。反応性化学種は、 $O_2$ 、 $CO$ 、 $CO_2$ 、 $O_3$ 、 $NO$ 、 $NO_2$ 、 $H_2O$ 、 $N_2O$ 等のような酸素含有化学種であることが好ましい。

### 【0034】

図1及び図3の好適な実施形態は更に、カーボンの除去を促進するよう選択される反応性化学種 $X^+$ を与えるステップを含む。反応性化学種の部分圧力 $P_{x^+}$ は、グラフ160に示されるように、バーンイン期間中にバーンイン値 $P_{x^+} \cdot B$ に増大される。反応性化学種は酸素含有化学種であることが好ましい。酸素含有化学種は、電子エミッタ116から放出された電子によりイオン化される。イオン化された酸素含有化学種は、第1及び第2のカーボン・ナノチューブ119及び118のそれぞれの端部123及び129でカーボンに引きつけられ且つカーボンと反応し、それによりカーボン除去を促進する。

### 【0035】

本発明の方法の別の実施形態においては、電子エミッタ116は、その電子エミッタ116によりバーンイン電流を放出させるステップの間真空環境に配設される。真空環境は、約 $10^{-5}$ パスカル以下の圧力により特徴付けられることが好ましい。例えば、バーンイン電流を放出させるステップは、FED100の排気及び気密封止に続いて実行することができる。

### 【0036】

図4は、図2のFED100の断面図であり、更に電界放出装置の放出電流の均一性を向上させる本発明の方法に従ったステップの実行に引き続いてのカーボ

ン・ナノチューブ119、118及び117の放出電流能力を示す。図4はまた、時間 $t_5$ と $t_6$ との間である、図1のタイミング図の一部と対応する。図4の破線は、バーンイン期間中に除去される第1及び第2のカーボン・ナノチューブ119及び118の部分を表す。図4における矢印は、カーボン・ナノチューブ119、118及び117の放出電流能力を表す。図4を図2と比較することにより、放出電流能力が選択的カーボン除去ステップに起因してより均一であることが明らかである。図1のグラフ150は更に、電圧の走査モード形態に対する合計放出電流 $I$ が選択的カーボン除去ステップに起因して走査モード値 $I_s$ に降下することを（時間 $t_5$ から $t_6$ までに）示している。

#### 【0037】

本発明の別の実施形態に従って、第1のカーボン・ナノチューブを第1の変化率で低減させるステップ及び第2のカーボン・ナノチューブを第2の変化率で低減させるステップは、正の電位及び第1の電界強度を第1のカーボン・ナノチューブの端部に与えるステップを含み、そこにおいて第1の電界強度が第1のカーボン・ナノチューブの端部からのカーボンの除去を生じさせるに十分であり、そして正の電位及び第2の電界強度を第2のカーボン・ナノチューブの端部に与えるステップを更に含み、そこにおいて第1の電界強度は第2の電界強度より大きい。この実施形態においては、カーボン除去は、カーボン・ナノチューブの逆極性化により達成される。追加の反応性化学種は必要とされない。

#### 【0038】

図5は、本発明に従ってFED100の放出電流の均一性を向上させる方法の別の実施形態のタイミング図である。図5及び図6の実施形態は、カーボン・ナノチューブ119、118及び117の逆極性化を利用し、更に負に荷電された反応性化学種 $Y^-$ を利用する。図5の実施形態はバーンイン電流を用いない。

#### 【0039】

図5のタイミング図は更に、陰極110での陰極電圧 $V_c$ のグラフ190、及び負に荷電された反応性化学種 $Y^-$ の、部分圧力 $P_{Y^-}$ のグラフ200を含む。図5の実施形態に対するバーンイン期間（時間 $t_3$ から $t_4$ まで）が、図6を参照して説明される。

## 【0040】

図6は、図2のFED100の断面図であり、更に図5の実施形態に従った様々なステップの実行を示す。図5及び図6の実施形態においては、ゲート引き出し電極121及び電子エミッタ116の極性は、図1の実施形態で用いられている極性とは反対である。図5におけるグラフ180及び190により示されるように、バーンイン期間（時間 $t_3$ から $t_4$ まで）中のゲート電圧 $V_{g,0}$ は接地電位に等しいようにでき、そして陰極電圧をその走査モード値 $V_{c,0}$ （なお、その走査モード値 $V_{c,0}$ は接地電位に等しくできる。）からバーンイン値 $V_{c,1}$ まで増大することができる。陰極電圧のバーンイン値は、負に荷電された反応性化学種を電子エミッタ116に引きつけ且つそれらの間での反応を促進するよう選択される。

## 【0041】

負に荷電された反応性化学種の部分圧力 $P_{r-}$ は、グラフ200により示されるように、バーンイン期間中に初期値 $P_{r-,S}$ （なお、その初期値 $P_{r-,S}$ はゼロであることができる。）からバーンイン値 $P_{r-,B}$ まで増大される。負に荷電された反応性化学種は、ナノチューブと反応して、気体のカーボン含有生成物を生成し、それによりナノチューブからのカーボンの除去を生じさせる。負に荷電された反応性化学種は、イオン化した過酸化水素、イオン化した酸素等のようなイオン化した酸素含有化学種であることが好ましい。

## 【0042】

一般的に、反応速度はナノチューブの端部で最大であり、該ナノチューブの端部は最高の電界強度を有する。これらはまた、一般的に、最高の放出電流能力を有するナノチューブである。従って、図5及び図6の実施形態は、本発明に従って、最高の放出ナノチューブの長さの選択的低減を生じさせ、それにより放出電流の均一性を向上させる。

## 【0043】

本明細書に記載された個々のナノチューブの間での放出電流の均一性を向上させるステップはまた、複数の個々の電子エミッタ116間の放出電流の均一性を向上させるのに有効であることを理解することが望ましい。

## 【0044】

要約すると、本発明は、電界放出装置の放出電流の均一性を向上させるためである。本発明の方法は、カーボン・ナノチューブを設けるステップと、放出のより高い均一性をもたらす要領でカーボン・ナノチューブの長さを制御可能に且つ選択的に低減するステップとを含む。カーボン・ナノチューブの長さの選択的低減は、例えば、カーボン・ナノチューブの極性が逆にされている間にパーンイン電流を用いることにより又は電界依存化学を用いることにより達成されることができる。本発明の方法は、低コストで容易に且つ迅速に実施することができ、また主として自己制御的であり、そして電氣的アーキングに起因したデバイス電子機器への傷害を防止する。

## 【0045】

我々は本発明の特定の実施形態を示し且つ説明したが、更なる修正及び改善は当業者により考えられるであろう。例えば、本発明の方法は、室温に等しい温度により特徴付けられる環境に電子エミッタを置きながら実行することができる。従って、我々は、本発明が示された特定の形態に限定されないことが理解されることを望み、そして我々は、本発明の趣旨及び範囲から逸脱してない全ての修正を特許請求の範囲に含むことを意図するものである。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

図1は、本発明に従って、電界放出装置の放出電流の均一性を向上させる方法の、パーンイン電流を利用する好適な実施形態のタイミング図である。

## 【図2】

図2は、カーボン・ナノチューブから作られた電子エミッタを有する電界放出ディスプレイの断面図である。

## 【図3】

図3は、図2の電界放出ディスプレイの断面図であり、そして更に図1の好適な実施形態に従った様々なステップのそれへの実行を示す。

## 【図4】

図4は、図2の電界放出ディスプレイの断面図であり、更に電界放出装置の放

出電流の均一性を向上させる本発明の方法に従ったステップのそれへの実行に続くカーボン・ナノチューブの放出電流能力を示す。

【図5】

図5は、本発明に従って、カーボン・ナノチューブの逆極性化及び負に荷電された反応性化学種を利用し、電界放出装置の放出電流の均一性を向上させる方法の別の実施形態のタイミング図である。

【図6】

図6は、図2の電界放出ディスプレイの断面図であり、更に図5の実施形態に従った様々なステップのそれへの実行を示す。

【図1】

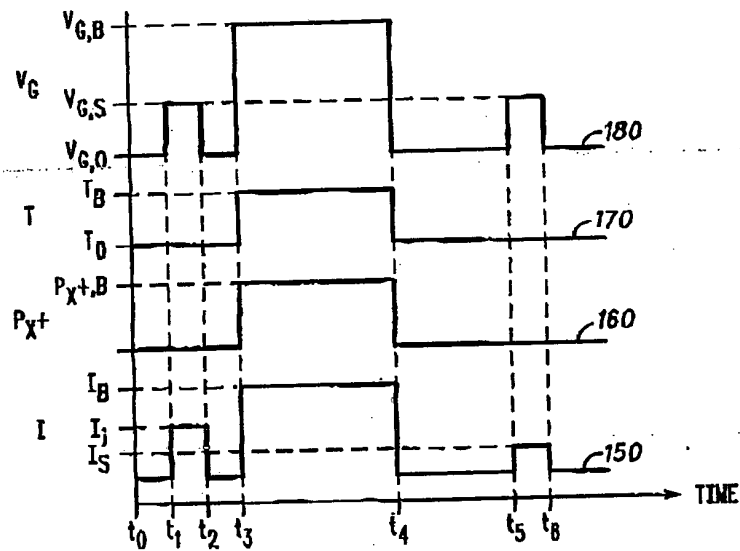
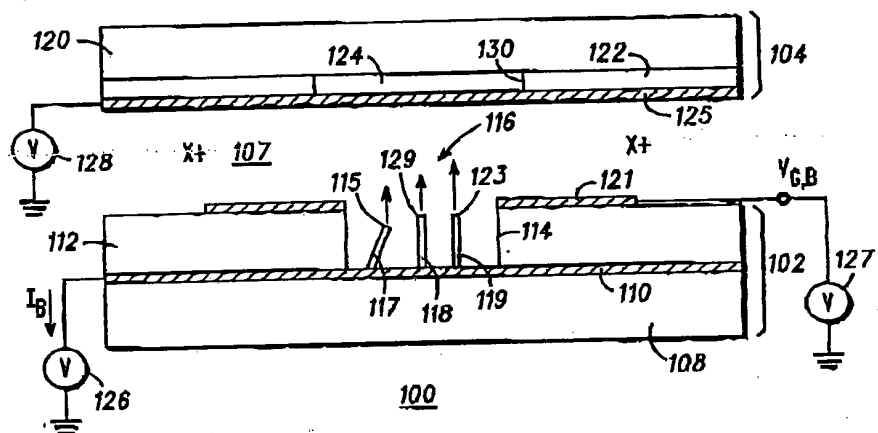


FIG. 1

【图 3】



**FIG. 3**



【図6】

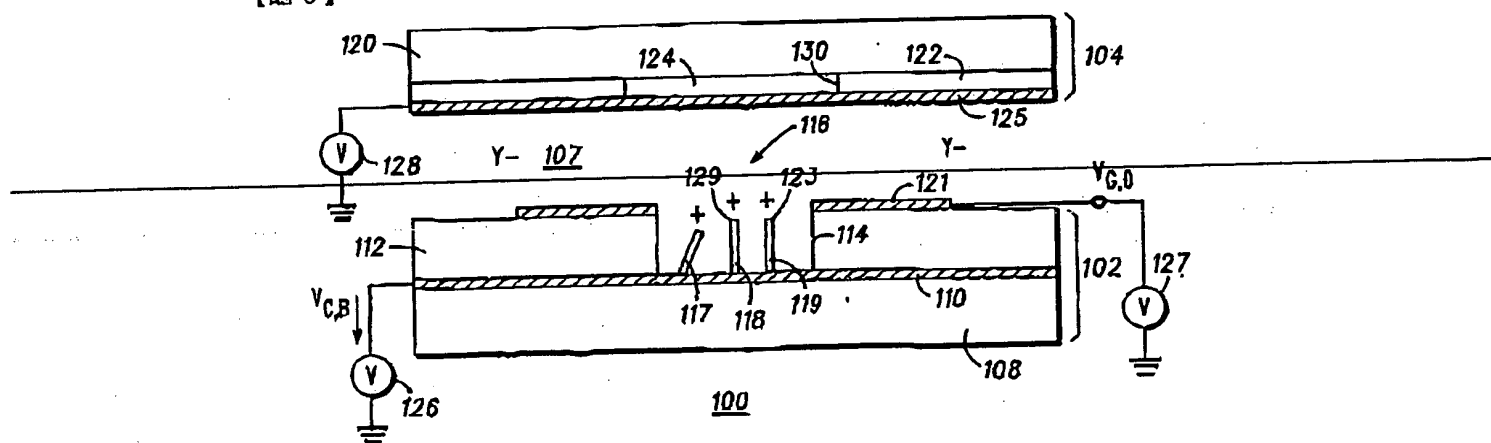


FIG. 6

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Int. Application No. PCT/US 01/15006
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01J1/304		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELD OF SEARCH		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Sources to data bases consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) PAJ, WPI Data, EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 059 627 A (TALIN ALBERT ALEC ET AL) 9 May 2000 (2000-05-09) claims 1, 11, 16	1.
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the configuration of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" documents covering the present state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may have claims on priority, relevance or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (see specification) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other events "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date (prior art) "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the applicant but cited to demonstrate the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or nonobvious considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is considered with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the written copy of the international search 24 October 2001		Date of mailing of the international search report 30/10/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 1 8550 Munich 85 Tel. (+49-89) 940-2200, Telex 51 051 000 0 Fax. (+49-89) 940-3010		Authorized officer Van den Bulcke, E

Form PCT/IS/01 (January 1999)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
relations on patent family membersPatent Application No.  
PCT/US 01/18006

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6059627	A	09-05-2000 WO 0054301 A1	14-09-2000

Form PCT/ISA/210 (patent family member) (July 2000)

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, I T, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, G M, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ , UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, B Z, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK , DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, J P, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS , LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, R U, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM , TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72)発明者 チャラマラ, バブ・アール  
アメリカ合衆国アリゾナ州85224, チャン  
ドラー, ノース・ドブソン・ロード 855,  
ナンバー 2045

Fターム(参考) 5C012 AA05 W02  
5C127 AA01 BA13 BA15 BB07 CC03  
DD93

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**